

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
<input type="checkbox"/> DE 4203656 A1	August 12, 1993		006	B23H007/02
<input type="checkbox"/> DE 4203656 C2	June 21, 2000		000	B23H009/10

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DATE	APPL-NO	DESCRIPTOR
DE 4203656A1	February 8, 1992	1992DE-4203656	
DE 4203656C2	February 8, 1992	1992DE-4203656	

INT-CL (IPC): B23H 7/02; B23H 7/10; B23H 9/10; F01D 5/06; F01D 5/30

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 4203656A

BASIC-ABSTRACT:

Profiled axial slots (1) for securing the turbine blades are produced around the rim of the discs (3) of a turbine rotor are produced by EDM. The wire electrode (6) of the EDM machining head (5) is guided parallel to the rotor axis (7) on pulleys (10) at the end of arms (4). The space (8) between the arms has a width spanning the disc (3) and a depth corresponding to that of the slots to be machined.

The position of the EDM machining head (5) relative to the turbine disc is determined by a positioning system which can be programmed to drive the head along the cutting path required to produce the desired slot profile.

ADVANTAGE - Simple, flexible machining method permitting deskilling of operation and full automation.



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 42 03 656 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**B 23 H 7/02**  
F 01 D 5/06  
// B 23 P 15/04

②1 Aktenzeichen: P 42 03 656.9  
②2 Anmeldetag: 8. 2. 92  
④3 Offenlegungstag: 12. 8. 93

DE 42 03 656 A 1

⑦1 Anmelder:  
ABB Patent GmbH, 6800 Mannheim, DE

⑦2 Erfinder:  
Scholler, Hermann, 8500 Nürnberg, DE

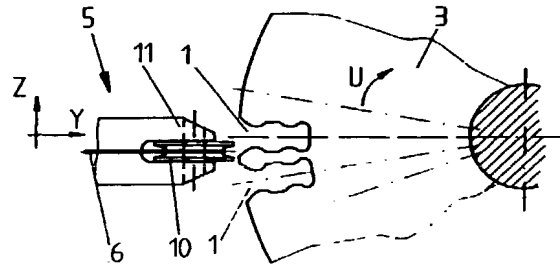
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 37 43 253 C2  
DE 35 19 045 C2  
DE 39 12 166 A1  
EP 28 595 B1  
SU 9 48 596  
SU 7 07 746  
SU 4 24 396

US-Z: MASON, Frederick: EDM is for your parts.  
In: AMERICAN MACHINIST, Sept. 1990, S.43-52;  
US-Z: Multi-Wire EDM. In: EDM Digest,  
Jan./Febr. 1990, S.38;

⑤4 Vorrichtung zur Herstellung von Axialnuten an Läuferscheiben eines Turbinenläufers

⑤7 Die zum Einsetzen von Turbinenschaufeln in Läuferscheiben benötigten Axialnuten werden bei herkömmlichen Fertigungsverfahren durch Bohr- und Fräseinrichtungen erstellt. Diese Vorrichtungen sind relativ kompliziert und erfordern teure Werkzeuge und qualifiziertes Personal. Zur Überwindung dieser Schwierigkeiten wird erfindungsgemäß eine Vorrichtung vorgeschlagen, die mit Hilfe von Erodiereinrichtungen (5) arbeitet, bei denen ein freilaufender, zwischen zwei Abstandhaltern (4) gespannter Erodierdraht (6) parallel zur Achse (7) des Turbinenläufers (2) geführt ist. Die lichte Weite einer zwischen den beiden Abstandhaltern (4) liegenden Öffnung (8) ist breiter als die Dicke einer Läuferscheibe bemessen und tiefer als die zu erstellende Axialnut (1). Zur Erodiereinrichtung (5) gehört ein Positionierer, der die Lage des Erodierdrahtes zur Läuferscheibe definiert und durch dessen Programmierung ein der gewünschten Nutform entsprechender Schnittweg vorgebar ist.



DE 42 03 656 A 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruches 1.

Zur sicheren Verbindung von Turbinenschaufeln mit einem Turbinenläufer müssen dessen Läuferscheiben mit Axialnuten versehen werden, die in der Regel eine bestimmte Kontur erhalten, um ein Lösen der Schaufeln durch Zentrifugalkräfte zu verhindern. Das Einbringen der Axialnuten durch spanabhebende Verfahren, wie Bohren, Fräsen oder Räumen, ist sehr zeitaufwendig, personalintensiv und erfordert sehr hohe Werkzeugkosten, zumal es nicht oder nur bedingt programmgesteuert ablaufen kann. Geräumte Nuten können außerdem nur bei Läufern hergestellt werden, die aus Einzelscheiben zusammengesetzt sind.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung zu schaffen, die einen programmgesteuerten Fertigungsablauf ermöglicht und dadurch einen schnelleren Durchlauf bei geringerem Personalaufwand erzielt.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmale gelöst. Zweckmäßige Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Erfindungsgegenstandes sind in den Unteransprüchen genannt.

Ein wesentlicher Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist es, daß mit einer relativ einfach aufgebauten Erodierereinrichtung ein vollprogrammierbarer Fertigungsablauf erzielbar ist. So besitzt die Erodierereinrichtung zwei Abstandshalter, über die ein freilaufender, aber gleichzeitig gespannter Erodierdraht parallel zur Achse des Turbinenläufers geführt ist. Die beiden Abstandshalter sind dabei so angeordnet, daß eine zwischen ihnen liegende Öffnung breiter als die Dicke einer Läuferscheibe und tiefer als die Tiefe der zu erstellen Axialnut ist. Durch einen programmgesteuerten Positionierer ist es der Erodierereinrichtung möglich, die Lage des Erodierdrahtes zur Läuferscheibe zu definieren und dadurch jede gewünschte, vorprogrammierte Nutform mit parallel zur Achse des Turbinenläufers liegenden Nutenwänden entlang der Nutenkontur auszuscheiden.

Da die Kurvenbahnen der jeweiligen Nutenkontur frei programmierbar sind, kann die Erodierereinrichtung schnell an jede gewünschte Fußform der Turbinenschaufeln angepaßt werden, wobei es möglich ist, auch die Schaufelfüße in gleicher Weise zu erodieren und dadurch eine hohe Paßgenauigkeit bei geringster Nacharbeit zu erreichen.

Ein weiteres Ziel bei der vollautomatischen Herstellung von Axialnuten ist, daß sich der Fertigungsablauf über alle Axialnuten einer Läuferscheibe hinweg ohne menschlichen Eingriff vollzieht. Eine vorteilhafte Weiterbildung des Erfindungsgegenstandes sieht deshalb vor, die Erodierereinrichtung mit einem Rotationspositionierer zu koppeln. Dieser bewirkt automatisch eine Drehung des Turbinenläufers um einen bestimmten, der Zahl der Axialnuten entsprechenden Drehwinkel, sobald nach erfolgtem Nutenschnitt die nächste Axialnut ausgeschnitten werden muß.

Um ein Drehen des Turbinenläufers in Verbindung mit dem Rotationspositionierer zu ermöglichen, ist es zweckmäßig, ihn zwischen axial angreifenden Lagerteilen, vorzugsweise Lagerspitzen drehbeweglich anzuordnen. Eine andere Möglichkeit ist es, den Turbinenläufer auf radial angreifenden Lagerrollen drehbeweglich zu lagern. Das Drehen des Turbinenläufers um einen vorgegebenen Winkel, um die Lage der nächsten Axialnut zu erreichen, kann entsprechend durch eine

Steuereinheit getaktet werden.

Die Durchlaufgeschwindigkeit bei der Herstellung von Axialnuten läßt sich entscheidend erhöhen, wenn die Vorrichtung so aufgebaut wird, daß mehrere Erodierereinrichtungen gleichzeitig an einer Läuferscheibe arbeiten. Vorteilhaft ist es, die Erodierereinrichtungen dabei im gleichen Winkelabstand zueinander so anzuordnen, daß zwischen ihnen die gleiche Zahl von Axialnuten liegt. Dadurch ist gewährleistet, daß nach einer bestimmten, durch den Rotationspositionierer vorgegebenen Zahl von Winkelschritten jede Erodierereinrichtung die ihr jeweils zugeordnete letzte Nut bearbeitet.

Eine weitere vorteilhafte Möglichkeit die Durchlaufzeit zu verringern, besteht darin, daß mehrere Erodierereinrichtungen gleichzeitig an verschiedenen Läuferscheiben eines Turbinenläufers arbeiten. Hier kann eine Optimierung des Durchlaufs dahingehend erfolgen, daß die Anzahl der Läuferscheiben, an denen gleichzeitig Erodierereinrichtungen arbeiten, ein ganzzahliger Bruchteil der insgesamt zu bearbeitenden Läuferscheiben ist. Dabei muß der Abstand zwischen den parallel an einer Läuferscheibe arbeitenden Erodierereinrichtungen gleich der Anzahl der insgesamt zu bearbeitenden Läuferscheiben geteilt durch die Anzahl der gleichzeitig bearbeiteten Läuferscheiben sein. Bei einer derartigen Auslegung der Vorrichtung gelangen alle Erodierereinrichtungen gleichzeitig zu ihrer jeweils letzten noch zu bearbeitenden Läuferscheibe.

Für eine Längsverschiebung der jeweiligen Erodierereinrichtungen parallel zur Achse des Turbinenläufers sorgen entsprechend ausgelegte und programmierte Translationspositionierer, sobald die nächste Läuferscheibe zur Bearbeitung ansteht.

Die schnellste Bearbeitung des gesamten Turbinenläufers bei der Herstellung von Axialnuten ergibt sich, wenn eine Vielzahl von Erodierereinrichtungen so eingesetzt ist, daß gleichzeitig an mehreren Läuferscheiben jeweils zwei oder mehr Erodierereinrichtungen arbeiten. Im Extremfall wäre es denkbar, daß jeder Axialnut eine Erodierereinrichtung zugeordnet wird. Hierdurch ließe sich zwar rein rechnerisch die kürzeste Bearbeitungszeit erreichen, doch darf man wohl davon ausgehen, daß eine Minimierung des Gesamtaufwandes unter Berücksichtigung von Durchlaufzeit und Kosten der Vorrichtung, dann erreicht wird, wenn mit Hilfe eines Rotationspositionierers oder Translationspositionierers jeder Erodierereinrichtung mehrere Axialnuten zugeordnet werden.

Eine Verbesserung der einzelnen, zur Vorrichtung gehörigen Erodierereinrichtungen läßt sich dadurch erzielen, daß die Abstandshalter beidseitig der Öffnung mit je einer Umlenkrolle versehen sind, über die der Erodierdraht geführt ist. Der Erodierdraht kann hierdurch seinem Verschleiß entsprechend, ohne größere Reibungsverluste fortlaufend über die Öffnung hinweggezogen werden. Dabei ist es zweckmäßig, die beiden Abstandshalter mit einer Lagergabel zu versehen, die zur Aufnahme der drehbeweglichen Umlenkrollen dienen können. Mit entsprechend verstellbaren Abstandshaltern gelingt es weiterhin, die zwischen ihnen liegende Öffnung in ihren Abmessungen zu ändern und so die Erodierereinrichtung an Läuferscheiben unterschiedlicher Dicke anzupassen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Läuferscheibe in Blickrichtung parallel zur

Achse des Turbinenläufers mit einer auf den schneidenden Teil einer Erodierereinrichtung beschränkten Darstellung.

Fig. 2 eine der Fig. 1 entsprechende Darstellung in einer ersten Richtung um 90° gedreht,

Fig. 3 eine der Fig. 1 entsprechende Darstellung in einer zweiten Richtung um 90° gedreht,

Fig. 4 einen Turbinenläufer, mit einer mehrere Erodierereinrichtungen umfassenden Vorrichtung.

Wie die Fig. 1 bis 3 erkennen lassen, besitzt die Vorrichtung zur Herstellung von Axialnuten mindestens eine Erodierereinrichtung 5 mit Abstandshaltern 4, die als Lagergabeln 11 ausgebildet sind. Ein Erodierdraht 6 ist über Umlenkrollen 10 geführt, die ihrerseits in den Lagergabeln 11 drehbeweglich angeordnet sind. Der Erodierdraht 6 liegt am Eingang einer zwischen den Abstandshaltern 4 vorgesehenen Öffnung 8, die in ihren Abmessungen so dimensioniert ist, daß beim Schneiden einer in einer Läuferscheibe 3 auszunehmenden Nut 1 die Läuferscheibe entsprechend der Nuttiefe zwischen den Abstandshaltern 4 Platz findet. Mit Hilfe eines nicht dargestellten programmierbaren Positionierers ist es möglich, die Abstandshalter 4 der Erodierereinrichtung zwischen zwei rechtwinklig zueinander angeordneten Koordinaten in jeder beliebigen Richtung so zu führen, daß eine vorgegebene Kontur der Axialnut 1 ausgeschnitten wird. Ein mit einer entsprechenden Kontur ausgebildeter Fuß einer Turbinenschaufel kann axial in die Nut eingesetzt werden und ist durch seine Ausformungen vor einem zentrifugalem Herausrutschen geschützt.

In Fig. 4 ist beispielhaft eine Vorrichtung zur Herstellung von Axialnuten dargestellt, die vier Erodierereinrichtungen A, B, C, D umfaßt. Die Erodierereinrichtungen 5 sind auf die Läuferscheiben 3 eines Turbinenläufers 2 so verteilt, daß gleichzeitig an zwei Läuferscheiben 3 mit jeweils zwei Erodierereinrichtungen 5 gearbeitet wird. Für die fortlaufende Bearbeitung der Läuferscheiben 3 sind ein Rotationspositionierer und ein Translationspositionierer erforderlich, die gegebenenfalls auch zu einem einzigen Positionierer mit beiden Funktionen zusammengefaßt werden können, aber hier nicht dargestellt sind, da ihre Wirkungsweise ohne weiteres verständlich ist. Der oder die Positionierer sorgen dafür, daß nach erfolgtem Ausschnitt einer Nut die jeweilige Erodierereinrichtung 5 durch Dreh- und/oder Längsverschiebung zum Turbinenläufer 7 in die Position einer noch zu bearbeitenden Axialnut 1 gebracht wird. Die Verschiebung muß zwischen der Vorrichtung einerseits und dem Turbinenläufer 7 andererseits erfolgen, wobei einer von beiden oder auch beide bewegt werden können. Im vorliegenden Beispiel ist die Achse 7 des Turbinenläufers zwischen Lagerspitzen 9 aufgehängt und somit drehbeweglich gelagert.

Bei der in Fig. 4 gewählten Anordnung liegen sich zwei Erodierereinrichtungen 5 radial gegenüber, sodaß eine gerade Zahl von Turbinenschaufeln pro Läuferscheibe 3 vorausgesetzt, der Turbinenläufer 7 um weniger als 180° gedreht werden muß, damit auch die letzte Nut geschnitten werden kann. Eine Längsverschiebung der Erodierereinrichtungen A, B und C, D zu den jeweils nächstliegenden beiden Läuferscheiben 3 ermöglicht die komplette Bearbeitung eines Turbinenläufers 7 beim Schneiden der Axialnuten 1. Im vorliegenden Fall wird durch die vier Erodierereinrichtungen A bis D der Durchlauf in einem Viertel der Zeit gegenüber der Einzelbearbeitung mit einer Erodierereinrichtung erreicht. Der gesamte Ablauf ist dabei CNC-programmierbar, wobei die

Vorrichtung CAM gekoppelt werden kann.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Herstellung von Axialnuten (1) an Läuferscheiben (3) eines Turbinenläufers (2), die zum Einsetzen von Turbinenschaufeln dienen, dadurch gekennzeichnet, daß ein freilaufender, zwischen zwei Abstandshaltern (4) einer Erodierereinrichtung gespannter Erodierdraht (6) parallel zur Achse (7) des Turbinenläufers (2) geführt ist und die lichte Weite einer zwischen den beiden Abstandshaltern (4) liegenden Öffnung (8) breiter ist als die Dicke einer Läuferscheibe (3) und die Tiefe der Öffnung (8) mindestens der Tiefe der zu erstellen Axialnut (1) entspricht, und daß die Erodierereinrichtung (5) mindestens einen Positionierer besitzt, der die Lage des Erodierdrahtes zur Läuferscheibe (3) definiert, und daß durch Programmierung des Schnittweges die gewünschte Nutform vorgebar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Erodierereinrichtung (5) mit einem Rotationspositionierer gekoppelt ist, der eine Drehung des Turbinenläufers (2) um einen bestimmten, der Zahl der Axialnuten (1) entsprechenden Drehwinkel bewirkt, sobald nach erfolgtem Nutenschnitt die nächste Axialnut (1) ausgeschnitten werden muß.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Turbinenläufer (2) zwischen axial angreifenden Lagerteilen, vorzugsweise Lagerspitzen (9) drehbeweglich angeordnet ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Turbinenläufer (2) auf radial angreifenden Lagerrollen drehbeweglich gelagert ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehung des Turbinenläufers (2) um einen vorgegebenen Winkel durch eine Steuereinheit getaktet ist.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Erodierereinrichtungen (5) gleichzeitig an einer Läuferscheibe (3) arbeiten.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß bei mehreren an einer Läuferscheibe (3) arbeitenden Erodierereinrichtungen (5) diese im gleichen Winkelabstand zueinander so angeordnet sind, daß zwischen ihnen die gleiche Zahl von Axialnuten (1) liegt.
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Erodierereinrichtungen (5) gleichzeitig an verschiedenen Läuferscheiben (3) eines Turbinenläufers (2) arbeiten.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Läuferscheiben (3), an denen gleichzeitig Erodierereinrichtungen (5) arbeiten, ein ganzzahliger Bruchteil der insgesamt zu bearbeitenden Läuferscheiben (3) ist und jeder bearbeiteten Läuferscheibe (3) eine gleichgroße Anzahl unbearbeiteter Läuferscheiben (3) folgt.
10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei an mehreren Läuferscheiben (3) arbeitenden Erodierereinrichtungen (5) mindestens ein Translationspositionierer für eine Längsverschiebung der jeweili-

gen Erodierereinrichtung (5) parallel zur Achse (7) des Turbinenläufers (2) sorgt, sobald die jeweils nächste Läuferscheibe (3) bearbeitet werden soll.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß gleichzeitig an mehreren Läuferscheiben (3) jeweils zwei oder mehr Erodierereinrichtungen (5) arbeiten.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstandshalter (4) beidseitig der Öffnung (8) mit je einer Umlenkrolle (10) versehen sind, über die der Erodierdraht (6) geführt ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß jede der beiden Abstandshalter (4) mit einer Lagergabel (11) zur Aufnahme der drehbeweglichen Umlenkrollen (10) versehen ist.

14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sich die zwischen den beiden Abstandshaltern (4) liegende Öffnung durch verstellbare Abstandshalter (4) in ihren Abmessungen verändern läßt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

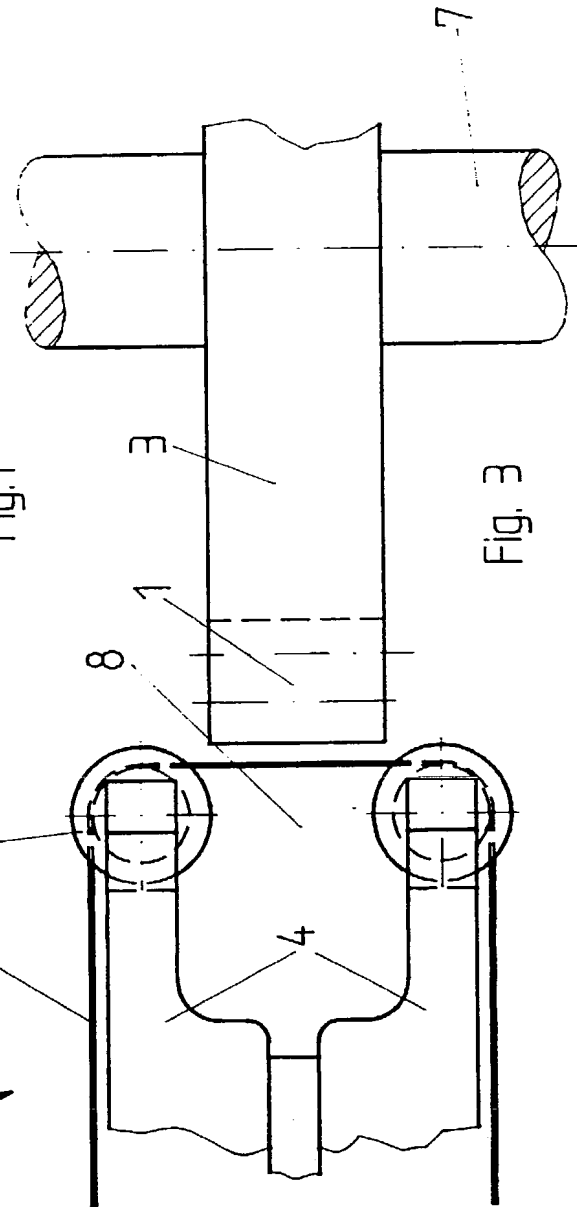
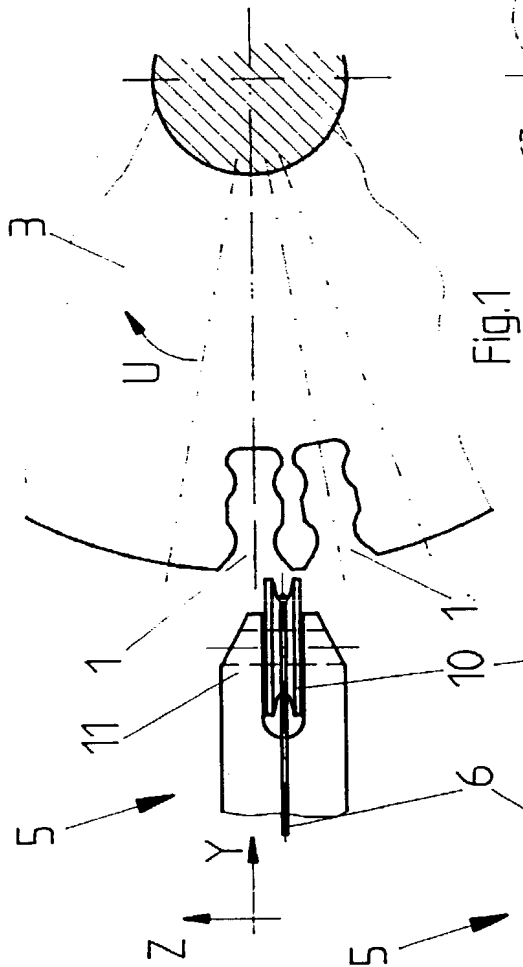
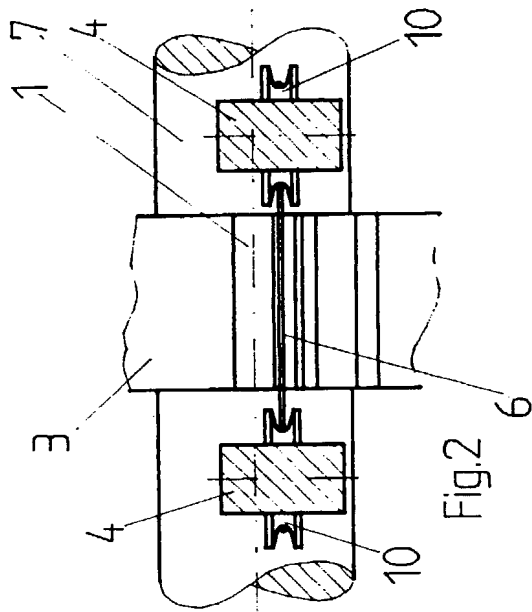
45

50

55

60

65



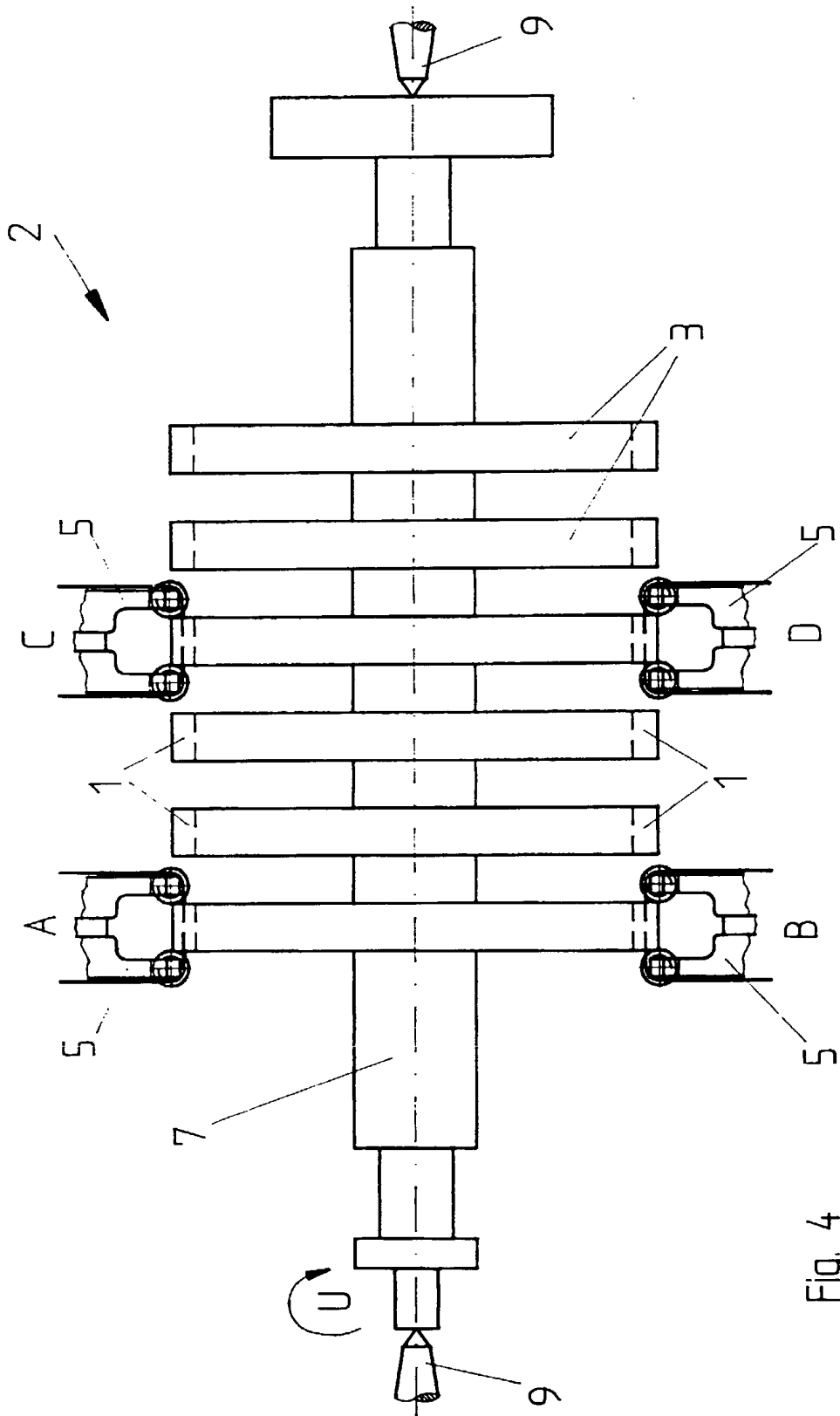


Fig. 4